

Diseño de una metodología sistémica de evaluación de impacto territorial de intervenciones urbanísticas

Report de recerca N° 1

Jorge Cerda Troncoso

Enero 2009

Problema de investigación: el problema que se enfrenta es estructurar un procedimiento para predecir o estimar, el impacto territorial que podría generar una intervención urbanística de gran escala a nivel metropolitano. Es claro que es una “utopía” el predecir todos los impactos que puede generar una intervención, la premisa de este trabajo consiste en definir y estructurar un set de variables o dimensiones, que no actúen de forma aislada, sino más bien en forma sistémica en el espacio y tiempo.

Objetivos: definir variables territoriales relevantes respecto del impacto que genera una intervención urbanística, y diseñar un procedimiento interrelacionado de cuantificación (espacio-temporal) de los efectos.

Resultados:

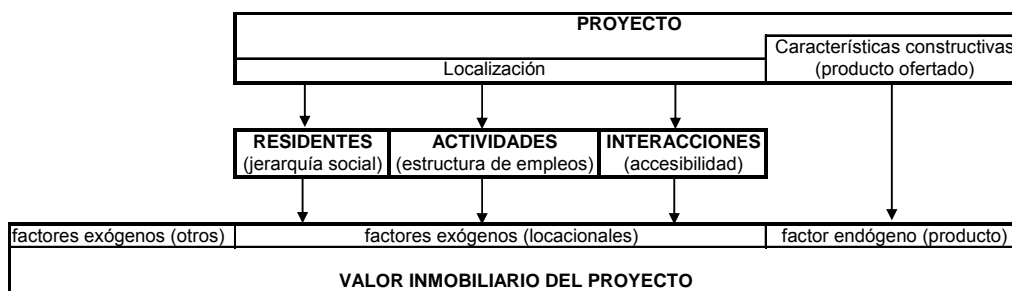
El estudio del que surge este reporte plantea hacer una evaluación del impacto de la implementación de los proyectos en las variables de accesibilidad, usos de suelo, y valores inmobiliarios. La realidad que se enfrenta, es que dichos impactos son interdependientes, es decir los usos de suelo afectan la accesibilidad, y a su vez a los valores inmobiliarios. Luego se debe estructurar un procedimiento de análisis que recoja esta interdependencia sistémica, sustentada en el estado de arte actual de metodologías específicas para cada variable.

Entonces, se reconoce que la implementación de un proyecto genérico produce, entre otros, tres tipos efectos directos que se relacionan con:

- 1) La población, y por ende la estructura socioeconómico-residencial del territorio
- 2) las actividades (no residenciales), que se asocia directamente con la estructura ocupacional (empleos) del territorio, y
- 3) Las interacciones que generan y atraen las actividades residenciales y no residenciales, antes mencionadas.

Por otra parte, la literatura plantea que el valor inmobiliario depende de las características propias (producto ofertado), de la jerarquía social de las localizaciones, de las externalidades ambientales, y del nivel de accesibilidad del territorio, siguiendo los trabajos de Roca (1988), y Fitch (2008).

En base a lo expuesto, es que se estructuro el siguiente esquema de causalidad de impacto de un proyecto genérico.



Para cada una de las dimensiones mencionadas se definieron distintas variables, buscando la coherencia entre las fuentes de base territorial y la información proporcionada por los proyectos urbanísticos. A continuación se presenta la metodología específica utilizada para cada uno de los factores mencionados.

Dimensión de Residentes

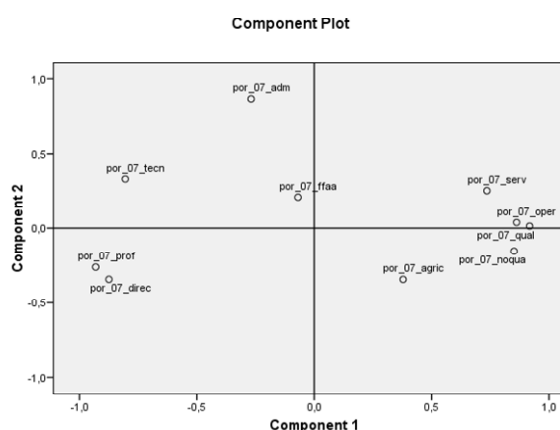
Esta dimensión tiene que ver con la caracterización de la estructura socioeconómica de la población residente. Son muchos los indicadores que se pueden construir para esto, pero para lograr la integración de los proyectos urbanísticos a esta dimensión, se utilizó información referida a la Población Ocupada Residente (POR), según categoría (directivos, profesionales, técnicos, etc).

Esta información se manejó a nivel de sección censal, para cada una de las cuales se calculó el porcentaje de POR en cada categoría ocupacional, referida al total de los ocupados de la sección.

Dado que se cuenta con diez categorías ocupacionales, y por la necesidad de sintetizar dicha información en un menor número de variables, se aplicó la técnica estadística de extracción de componentes principales, de lo cual resultaron dos factores principales. A continuación se muestra la tabla de correlaciones entre cada factor y las variables originales, y el diagrama de saturación correspondiente.

Component Matrix		
	Component	
	1	2
por_07_ffaa	-,069	,208
por_07_direc	-,875	-,343
por_07_prof	-,931	-,261
por_07_tecn	-,805	,329
por_07_adm	-,269	,867
por_07_serv	,735	,251
por_07_agric	,378	-,344
por_07_qual	,917	,014
por_07_oper	,862	,038
por_07_noqua	,851	-,154

Extraction Method: Principal Component Analysis
a. 2 components extracted.



De la tabla y diagrama se puede deducir que el primer factor lo construyen preferentemente las ocupaciones de altos y bajos ingresos, tomando un valor positivo cuando predominan los porcentajes de ocupación de bajo nivel de renta, y negativo cuando predominan ocupaciones de alto nivel de renta. Por esto, a esta nueva variable se le denominó “factor socioeconómico de nivel bajo-alto”, indicando así una medida de dualidad o de extremos socioeconómicos.

El segundo factor lo construyen preferentemente la categoría de administrativos, y en menor porcentaje los técnicos y empleados de servicios. El valor positivo se logra cuando predominan los administrativos, y el valor negativo cuando no predominan estos. Esta nueva variable se denomina “factor socioeconómico de nivel medio”.

Finalmente son estos dos factores los que representan la estructura socioeconómica de los residentes de las secciones censales en el área de estudio.

Dimensión de Actividades

Las actividades en el territorio se ven directamente impactadas por la implementación de los distintos proyectos urbanísticos, por lo que es necesario caracterizar previamente su estructura y especialización territorial. Nuevamente, para esto es posible la construcción de un sinnúmero de indicadores, además de acceder a variadas fuentes de información: Pero nuevamente velando por la integración de los proyectos urbanísticos y la compatibilidad de variables y unidades, se utilizó información de los Lugares de Trabajo Localizado (LTL) según las mismas categorías ocupacionales analizadas para la población residente, pero agrupadas en base a la disponibilidad de información de los proyectos urbanísticos en:

- 1) Directivos-profesionales-administrativos
- 2) Servicios-vendedores
- 3) Calificados-operadores-no calificados

Para estas clasificaciones se calculo el porcentaje (respecto del total de LTL de la sección), y nuevamente se aplicó la técnica de extracción de componentes principales, pero con el fin de obtener variables sintéticas más representativas (asignación clara) de las originales, se aplico el método de rotación varimax.

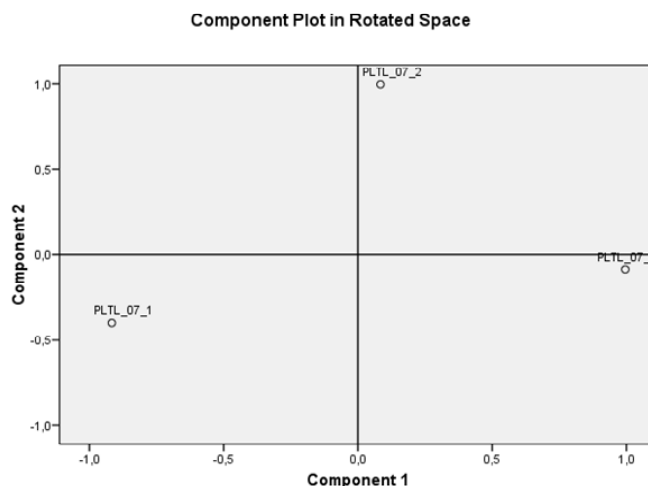
A continuación se muestra la tabla de correlaciones entre cada factor y las variables originales, y el diagrama de saturación correspondiente.

Rotated Component Matrix

	Component	
	1	2
PLTL_07_1	-,917	-,398
PLTL_07_2	,084	,996
PLTL_07_3	,996	-,086

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

- a. Rotation converged in 3 iterations.



El primer factor lo construyen preferentemente los porcentajes de empleos de directivos y profesionales junto con operadores y trabajadores calificados y no calificados. Dado la lógica industrial de esta asociación, a esta nueva variable se le denomina “factor de actividad secundaria”. El valor positivo de esta variable indica predominancia de trabajadores y operadores, mientras que el signo negativo muestra la predominancia de directivos y profesionales.

El segundo factor lo construyen preferentemente los empleos de servicios y vendedores, por lo que esta nueva variable se denomina “factor de actividad terciaria”. El valor positivo de esta variable indica predominancia de vendedores y trabajadores de servicios, mientras que el signo negativo muestra ausencia de estos.

Ambos factores representarán la estructura de actividades de las secciones censales en el área de estudio.

Dimensión de Interacciones

Por interacciones se entiende el nivel de atraktividad que tiene el territorio, y los estándares de accesibilidad que lo caracterizan, en función de los niveles de servicio de las distintas redes de transporte. Así, se construyeron dos tipos de indicadores para caracterizar los distintos territorios, y que fueran directa o indirectamente alterados por la implantación de los proyectos.

Atraktividad de viajes de compras

Este indicador da cuenta de la densidad de viajes que llegan con propósito compras a los distintos territorios. Para esto se proceso la encuesta de Movilidad cotidiana del año 2001, determinando a nivel de zona de transporte, cuantos viajes se originan y se atraen con propósito compras. Con esta información se calculó la densidad de viajes atraídos de compras por zona de transporte, siendo este el indicador de atraktividad considerado.

Accesibilidad

La ambigüedad del término accesibilidad obliga a construir indicadores específicos para evaluar el impacto que se quiere analizar. Luego, la implementación de un proyecto cambiará por una parte la estructura de necesidad de movilidad (origen-residencias), y por otra la oferta de lugares de trabajo y de compras (destino-actividades). Lo que interesa ver es el cómo se ve beneficiada la interacción respecto del tiempo que se viaja al empleo, y del tiempo que se viaja a compras. Como el tiempo de viaje es una variable que tiene una distribución de probabilidad, lo que se calculará es el valor esperado, o tiempo más probable, de viaje. Es decir, a cada territorio se le calculara cual es su tiempo probable para acceder a un trabajo fuera de él (Tiempo Ponderado de Origen, en adelante TPO), y cuál es el tiempo probable para llegar a trabajar a dicho territorio (Tiempo Ponderado en Destino, en adelante TPD). Lo mismo se puede aplicar para el viaje de compras, siendo en este caso el TPO el tiempo más probable para acceder a un centro de compras, y el TPD el tiempo más probable que tarda en llegar un habitante para hacer la comprar.

Para calcular los tiempos ponderados de cada territorio, se necesita, por una parte una matriz de viajes (V_{ij}), y por otra parte un matriz con tiempos de viaje (T_{ij}) entre cada par de zonas i y j . Con estas dos matrices se construye el tiempo ponderado de la siguiente forma:

$$TPO_i = \frac{\sum_j T_{ij} * V_{ij}}{\sum_j V_{ij}} \quad ; \quad TPD_j = \frac{\sum_i T_{ij} * V_{ij}}{\sum_i V_{ij}}$$

Donde

TPO_i : tiempo ponderado en origen de la zona i
 TPD_j : tiempo ponderado en destino de la zona j
 V_{ij} : viajes entre la zona i y la zona j
 T_{ij} : tiempo de viaje entre la zona i y la zona j

La información que proviene del censo sólo se encuentra a nivel de municipios en el destino del viaje (LTL), pero si se tiene información del origen de los viajes (POR) a niveles de secciones censales, y por ende a nivel de zonas de transporte. Entonces el problema está en determinar el número de LTL a nivel de zona de transporte. Para esto se siguió el siguiente procedimiento:

1.- Calibración de un modelo de atracción de empleos en función del número y tipo de locales, a nivel de municipios. La idea de esto es determinar como el número y tipo de locales explican el número de LTL por municipios.

El modelo de regresión calibrado es de la forma:

$$LTL_i = \beta_0 + \sum_j \beta_j * Loc_{ij} + \epsilon_i$$

Donde

LTL_i : lugares de trabajo localizados que llegan al municipio i

Loc_{ij} : número de locales del tipo j en el municipio i

β₀, β_j : coeficientes calibrados del tipo de local j

2.- Aplicación del modelo a nivel de zonas de transporte. Con los coeficientes calibrados, y con los datos de número de locales por tipo, a nivel de zona de transporte, se procedió a calcular el número de LTL atraídos por cada zona de transporte. Finalmente, este valor predicho se ajustó, con el fin de sumar los LTL reales registrados por el censo para cada municipio. Con esto se obtiene una distribución de los LTL municipales por zonas de transporte.

3.- Calibración de un modelo gravitacional doblemente constreñido a nivel de municipios. De la matriz de movilidad laboral entregada por el censo a nivel municipal, se determina el parámetro gravitacional (β) que mejor la prediga, considerando la matriz de tiempos de viaje como la variable de impedancia espacial.

4.- Aplicación de un modelo gravitacional doblemente constreñido a nivel de zonas de transporte. Dado que se cuenta con la información de orígenes (POR) y destinos (LTL) por zona de transporte, se aplicó un modelo doblemente constreñido (utilizando el parámetro β antes calibrado) con lo que se obtiene la matriz de viajes más probable que replica el total originado y atraído por zona. Finalmente, es con esta matriz que se calculan los tiempos ponderados en origen y en destino.

Dimensión de otros factores exógenos

Dentro de otros factores exógenos se incorporaron variables que dan cuenta de la morfología construida del entorno. Las variables elegidas fueron:

Año medio de construcción de la sección censal, que se calcula a partir de los edificios y sus años de construcción.

Número y densidad de viviendas por rango de superficie, considerándose tres rangos que van de 0 a 75 m², de 76 a 90 m², y de 91 y más m².

Modelo hedónico de valores inmobiliarios

El método de los precios hedónicos (o también conocido como precio sombra) es un procedimiento econométrico, que se aplica en el análisis de preferencias reveladas, es decir, deducir la participación de distintas variables en una decisión o atributo observado. Respecto del valor inmobiliario, el método presupone que el valor de un inmueble puede ser descompuesto en el valor marginal que aporta cada uno de los elementos que lo caracterizan. De esta forma, el valor inmobiliario, o precio de oferta (P), tendría que ser la integración del valor de cada covariable, o variable explicativa.

La expresión funcional utilizada en este modelo es la siguiente:

$$P_i = \exp\left(\beta_0 + \sum_i \beta_i X_i\right) \Leftrightarrow \ln(P_i) = \beta_0 + \sum_i \beta_i X_i$$

donde

P : precio del inmueble

Exp: función exponencial

β_0 , β_i coeficientes constante y de cada una de las covariables (X_i) consideradas.

X_i : Variables exógenas y endógenas a la oferta i

La linealización de la primera ecuación, con el objeto de calibrar sus coeficientes con métodos econométricos lineales, requiere de la aplicación del logaritmo natural al precio, que es la forma convencional utilizada en la literatura. Además esta estructura funcional tiene la ventaja de determinar, mediante el valor de β_i (la derivada parcial del precio con respecto a un atributo X_i ($[\partial P / \partial X_i]$), directamente las semielasticidades, es decir, el impacto sobre el precio en términos porcentuales que tiene la variación de una unidad de cada covariable.

A continuación se muestran las variables de base territorial, con la cual se atribuye cada punto de oferta inmobiliaria, utilizando una asignación espacial directa, es decir. El punto de oferta toma los atributos de la sección censal y de la zona de transporte en donde se localiza.

Residentes del entorno		
Población Ocupada Residente		Variables explicativas modelo hedónico
	Directius de les empresas Tècnics i professionals Tècnics i professionals de suport Empleats administratiu serveis i venedors Treballadors qualificats agri i pesca treballadors qualificats ind manufactureras Operadors Treballadors No Qualificados Fuerzas armadas	Vector socioeconómico residencial Operadores-Profesionales Vector socioeconómico residencial Administrativos
Características constructivas del entorno		
Número de viviendas		Variables explicativas modelo hedónico
	Número de viviendas entre 0 - 75 m2	Densidad de viviendas Lliures
	Numero de viviendas entre 76 - 90 m2	Densidad de viviendas Concertadas
	Número de viviendas de mas de 91 m2	Densidad de viviendas HPO
Número de edificios		
	mitjà ponderat any de construcció edificis en estat ruïnós edificis en estat dolent edificis en estat deficient edificis en estat bo	mitjà ponderat any de construcció % edificis en estat bo
Actividades del entorno		
Lugar de Trabajo Localizado		Variables explicativas modelo hedónico
LTL 1	Directius de les empresas Tècnics i professionals Tècnics i professionals de suport Empleats administratiu	Vector de actividad económica secundaria Vector de actividad económica terciaria
LTL 2	serveis i venedors	
LTL 3	treballadors qualificats ind manufactureras Operadors	
LTL 4	Treballadors No Qualificados Treballadors qualificats agri i pesca Fuerzas armadas	
Atractividad y accesibilidad local		Variables explicativas modelo hedónico
		Densidad de viajes atraídos por compras
		Tiempo ponderado desde origen a trabajo Tiempo ponderado desde origen a compras Tiempo ponderado al destino trabajo Tiempo ponderado al destino compras

Dado que se dispone de la información, se calibraron modelos para explicar el valor total de la oferta inmobiliaria, y también el valor por m² de la oferta (valor unitario).

La estrategia de calibración de los modelos no se enfocó a lograr el mejor ajuste (mayor explicación) del valor inmobiliario, sino más bien a que los parámetros o coeficientes fuesen bien estimados (resguardando todos los supuestos econométricos básicos para lograr que sean insesgados y eficientes). Esto porque modelo resultante se aplicará en forma diferencial para evaluar el impacto de un proyecto, es decir, se va a evaluar el valor con y sin proyecto, posteriormente al hacer la diferencia entre dichos valores el único número que afectará el resultado será el coeficiente de la variable (ya que el error de predicción se anula).

En base a lo anterior, los criterios de evaluación de los distintos modelos calibrados fueron los siguientes:

- 1.- Coherencia de signos obtenidos de la calibración (un signo no es coherente cuando va en contra del sentido común o la teoría subyacente, por lo que es producto de la estructura de datos de la muestra)
- 2.- Significancia estadística de los coeficientes (con la prueba t student)
- 3.- Eliminación de variables explicativas correlacionadas entre ellas (multicolinealidad)
- 4.- Verificación de la distribución normal de los residuos
- 5.- Análisis de autocorrelación espacial de los residuos, es decir, estructura espacial de los valores.
- 6.- Nivel de ajuste del modelo

Producto de la aplicación de cada uno de estos criterios, se obtienen los modelos finales a ser interpretados en su dimensión conceptual, y a ser aplicados en la fase de evaluación de impacto de proyectos urbanísticos.